# 高温热处理粉料对产蛋鸡生产性能、蛋品质及鸡蛋卫生指标的影响[1]

杨　洁[1]　秦玉昌[2]　李　俊[1]　李军国[1,3*]　牛力斌[1]　董颖超[1]

（1.中国农业科学院饲料研究所，北京　100081；2.中国农业科学院北京畜牧兽医研究所，北京　100193；3.农业部饲料生物技术重点开放实验室，北京　100081）

摘　要：本试验旨在研究高温热处理粉料对蛋鸡生产性能、蛋品质及鸡蛋卫生指标的影响。选取 40 周龄的海兰褐蛋鸡 1 080 只，随机分为 4 组，每组 6 个重复，每个重复 45 只鸡。对照组饲喂普通粉状蛋鸡料，试验组分别饲喂经 70、80 和 90 ℃ 3 种调质温度处理的粉状蛋鸡料。预试期 1 周，正试期 12 周。结果表明：1）试验组粉料的细菌总数和大肠菌群数量均显著低于对照组（$P<0.05$）；随着调质温度的升高，试验组粉料的细菌总数显著下降（$P<0.05$），大肠菌群数量也逐渐下降，但差异不显著（$P>0.05$）。2）各组之间第 1～12 周蛋鸡生产性能指标的差异不显著（$P>0.05$）。3）各组之间第 12 周蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋形指数、蛋黄比率和哈氏单位的差异不显著（$P>0.05$），80 ℃高温热处理粉料组蛋黄的亮度、红度和黄度值显著高于对照组（$P<0.05$）。4）第 4、8、12 周，试验组蛋壳表面的细菌总数小于对照组，但差异不显著（$P>0.05$），蛋壳表面的大肠菌群数量均小于对照组。5）试验组的肌胃、空肠和回肠相对重量小于对照组，但差异不显著（$P>0.05$）；随着调质温度的升高，试验组腺胃、肌胃、十二指肠、空肠和回肠的相对重量都逐渐增大，但差异不显著（$P>0.05$）。结果提示，高温热处理可以改善饲料和鸡蛋的卫生指标，但对蛋鸡生产性能、蛋品质和消化道指标的影响不显著。

关键词：蛋鸡；粉料；高温热处理；生产性能；蛋品质；卫生指标

中图分类号：S831

我国蛋鸡饲料加工一直沿用传统的加工工艺，一般都是粉碎粒度较粗的粉状配合饲料。随着人们生活水平的提高和对食品安全的高度关注，饲料安全也越来越引起人们的重视，而传统工艺生产的粉状蛋鸡料未经熟化处理，存在着含菌率高的问题，并且也可能导致鸡蛋内

---

收稿日期：2018-02-27

基金项目：现代农业产业技术体系北京市家禽创新团队项目（BAIC04-2018）；中国农业科学院创新工程项目

作者简介：杨　洁（1983-），女，河北沧州人，助理研究员，博士，主要从事饲料加工与动物营养方面的研究。E-mail：　yangjie02@caas.cn

*通信作者：李军国，研究员，硕士生导师，E-mail: lijunguo@cass.cn

外携带有害微生物，难以达到安全养殖、生产的要求[1-4]。由于粉状蛋鸡料存在安全性隐患，高温热处理粉料因其安全、节能环保、饲料利用率高，在蛋鸡养殖方面逐步得到应用，并且取得良好的效果。高温热处理粉料有以下几个特点：首先，粉料经过水热处理后，对沙门氏菌等致病菌灭活均较为彻底，蛋白酶抑制剂等有害因子也得到充分破坏和灭活，同时可以使淀粉糊化，蛋白质有效变性；其次，粉料的淀粉糊化和蛋白质变性，使粉粒表面粗糙、有黏性，在混合过程中，较大的淀粉和蛋白质粉粒能吸附粒径小的微量元素及维生素，并且具有较好的均匀性，流动性好，减少了后续加工过程的粉尘和自动分级现象[5]。目前，针对高温热处理粉料的研究主要集中在饲料卫生指标、蛋鸡消化利用率上，而其对蛋鸡生产性能、蛋品质及消化道指标等的影响还未见报道。因此，本试验采用经 70、80 和 90 ℃ 3 种调质温度处理的粉状蛋鸡料，研究高温热处理粉料对蛋鸡生产性能、蛋品质、鸡蛋卫生指标和消化道指标的影响，对于提高饲料品质、并取得较好的经济效益和社会效益具有现实意义和实用价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验采用单因子试验设计，选取采食正常、体重相近、产蛋率一致的 40 周龄健康海兰褐蛋鸡 1 080 只，随机分为 4 组，每组 6 个重复，每个重复 45 只鸡。基础饲粮参照 NRC（1994）和我国《鸡饲养标准》（NY/T 33-2004），并结合海兰褐蛋鸡饲养手册配制，基础饲粮组成及营养水平见表 1。普通粉料组（对照组，A 组）饲喂普通粉状蛋鸡料（基础饲粮），高温热处理粉料组（B、C、D 组）分别饲喂经 70、80 和 90 ℃ 3 种调质温度（SZLH25 型制粒机的调质器，双层调质器，蒸汽压力 0.2 MPa，调质时间 30 s）处理的粉状蛋鸡料。预试期 1 周，正试期 12 周。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

| 项目 Items | 含量 Content |
|---|---|
| 原料 Ingredients | |
| 玉米 Corn | 64 |
| 豆粕 Soybean meal | 24 |
| 石粉 Limestone | 7 |
| 预混料 Premix1) | 5 |
| 合计 Total | 100 |
| 营养水平 Nutrients levels2) | |
| 代谢能 ME/（MJ/kg） | 11.47 |

| | |
|---|---|
| 粗蛋白质 CP | 16.83 |
| 钙 Ca | 3.50 |
| 有效磷 AP | 0.36 |
| 赖氨酸 Lys | 0.79 |
| 蛋氨酸 Met | 0.39 |

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 6 000 U，$VB_2$ 5.5 mg，$VD_3$ 2 500 U，$VB_1$ 1.75 mg，$VB_6$ 4 mg，$VB_{12}$ 0.017 5 mg，VE 25 mg，$VK_3$ 2.25 mg，生物素 biotin 0.14 mg，叶酸 folic acid 0.9 mg，烟酸 nicotinic acid 34 mg，泛酸 pantothenic acid 12 mg，植酸酶 phytase 400 U，胆碱 chloride 300 mg，Fe 75 mg，Cu 7.5 mg，Zn 60 mg，Mn 60 mg，I 0.75 mg，Se 0.15 mg，Ca 9.5 g，P 2.0 g，食盐 NaCl 3.7 g。

[2)] 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

## 1.2 饲养管理

试验采用封闭式鸡舍 3 层阶梯式笼养，每笼 3 只鸡。依鸡场常规方法进行饲养管理，鸡舍采用自动控制人工光照，16 h 光照、8 h 黑暗，光照强度为 20 lx，室温（25±5） ℃，相对湿度 40%～70%。自由采食，每天 08:00 和 14:00 各喂料 1 次，匀料 4 次；乳头式饮水器，自由饮水；每周带鸡消毒和清理鸡粪 1 次。

## 1.3 测定指标与方法

### 1.3.1 生产性能

试验期间以重复为单位，每日记录采食量、产蛋数、废蛋（破、畸、碎、软、无壳蛋）个数、淘汰与死亡鸡只数、死亡时间与体（尸）重，并计算试验期间的平均日采食量、平均蛋重、产蛋率、料蛋比和破蛋率。

### 1.3.2 蛋品质

正式试验第 4、8、12 周末，分别从每个重复随机选 10 枚蛋进行蛋品质测定（24 h 内测完），测定指标为蛋重、蛋形指数、蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋黄比率、哈氏单位和蛋黄颜色。

哈氏单位=100×log（$H$-1.7$W^{0.37}$+7.57）。

式中：$H$ 为浓蛋白高度（mm）；$W$ 为蛋重（g）。

蛋黄颜色采用 LabScan XE 色差仪进行测定，包括亮度（$L^*$）、红度（$a^*$）和黄度（$b^*$）值。

### 1.3.3 卫生指标

粉料卫生指标：细菌总数按照国家标准 GB/T 13093-2006 方法进行测定，大肠菌群数量

按照国家标准GB/T 18869-2002方法进行测定，沙门氏菌数量按照国家标准GB/T 13091-2002方法进行测定。

鸡蛋卫生指标：在试验期的第4、8、12周末，分别从每个重复随机选10枚蛋进行卫生指标测定，测定鸡蛋蛋壳表面和蛋液细菌总数及大肠杆菌、沙门氏菌数量。将鸡蛋依次放入灭菌烧杯内，分别用灭菌生理盐水润湿鸡蛋外壳后，先用灭菌棉球充分擦洗蛋壳表面，把棉球在烧杯中反复冲洗，然后合并同一重复的10个烧杯的蛋壳擦拭液，并充分混匀。最后用生理盐水将蛋壳擦拭液做10、100、1 000和10 000倍梯度稀释，按照国家标准GB 4789-2010方法进测定鸡蛋蛋壳表面和蛋液细菌总数及大肠菌群、沙门氏菌数量。

### 1.3.4　消化道指标

在试验期的第12周末，每个重复选取2只身体健康、体重中等、产蛋正常的蛋鸡，以颈部放血的方式屠宰，取出并分离腺胃、肌胃、十二指肠、空肠和回肠。分别测量每只鸡腺胃、肌胃、十二指肠、空肠和回肠的重量，计算各部分消化道器官相对重量。

### 1.4　数据统计及分析

试验数据采用SPSS 17.0进行单因子方差分析，以“平均值±标准差”的形式表示，各组间的平均值采用Duncan氏法多重比较进行差异显著性检验，以$P<0.05$作为差异显著性的标准。

## 2　结果与分析

### 2.1　高温热处理对粉料卫生指标的影响

高温热处理对粉料卫生指标的影响见表2。由表可知，高温热处理粉料组的细菌总数和大肠菌群数量均显著低于普通粉料组（$P<0.05$），沙门氏菌均未检出。同时，随着调质温度的升高，高温热处理粉料组的细菌总数显著下降（$P<0.05$），大肠菌群数量也逐渐下降，但差异不显著（$P>0.05$）。与普通粉料组（A组）比，B、C和D组的细菌总数分别降低了60.81%、84.86%和98.20%，大肠菌群数量分别降低了99.60%、99.75%和99.79%。由此可知，调质温度越高，饲料的卫生指标越好。

表2　高温热处理对粉料卫生指标的影响

Table 2　Effects of heat treatment on health index of mash feed

| 组别 Groups | 细菌总数 Total bacteria count/[lg(CFU/g)] | 大肠菌群 Coliform bacteria/(MPN/g) | 沙门氏菌 *Salmonella*/(CFU/g) |
|---|---|---|---|
| A | $5.85\pm0.13^{d}$ | $460.00\pm0.00^{b}$ | 未检出 |
| B | $5.45\pm0.09^{c}$ | $1.83\pm0.81^{a}$ | 未检出 |
| C | $5.03\pm0.13^{b}$ | $1.17\pm1.03^{a}$ | 未检出 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| D | 4.12±0.04[a] | 0.97±1.15[a] | 未检出 |

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P$<0.05），相同或无字母表示差异不显著（$P$>0.05）。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P$<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P$>0.05). The same as below.

2.2　高温热处理粉料对蛋鸡生产性能的影响

高温热处理粉料对蛋鸡生产性能的影响见表 3。由表可知，第 1～4 周，高温热处理粉料组的产蛋率高于普通粉料组，料蛋比低于普通粉料组，并且随着调质温度的升高，高温热处理粉料组的平均日采食量和平均蛋重有增加的趋势，但差异均不显著（$P$>0.05）。第 5～8 周，高温热处理粉料组的平均日采食量低于普通粉料组，但差异不显著（$P$>0.05）。第 9～12 周，普通粉料组的平均日采食量、平均蛋重和产蛋率高于高温热处理粉料组，并且随着调质温度的升高，产蛋率有增加的趋势。第 1～12 周，各组之间蛋鸡平均日采食量、平均蛋重、产蛋率和料蛋比的差异不显著（$P$>0.05）。

同时，随着饲喂时间的延长，不同组别的平均日采食量，平均蛋重和产蛋率均有增加的趋势，而料蛋比先增加后减小。通过蛋鸡生产性能的数据可知，高温热处理粉料在不同阶段对蛋鸡生产性能的影响不同，但整个试验期间，高温热处理粉料对蛋鸡生产性能的影响不显著。

表 3　高温热处理粉料对蛋鸡生产性能的影响

Table 3　Effects of heat treatment mash feed on performance of laying hens

| 时间 Time | 组别 Groups | 平均日采食量 Average daily feed intake/g | 平均蛋重 Average egg weight/g | 产蛋率 Laying rate/% | 料蛋比 Feed to egg ratio |
|---|---|---|---|---|---|
| 第 1～4 周 Weeks 1 to 4 | A | 97.97±11.29 | 52.00±1.45 | 86.97±5.07 | 2.18±0.29 |
| | B | 97.06±14.58 | 51.97±1.54 | 87.69±2.64 | 2.14±0.34 |
| | C | 98.75±8.75 | 51.97±0.94 | 87.79±4.81 | 2.17±0.18 |
| | D | 98.53±10.26 | 52.77±1.03 | 87.25±4.03 | 2.14±0.21 |
| 第 5～8 周 Weeks 5 to 8 | A | 112.02±9.27 | 53.50±2.18 | 85.76±4.47 | 2.44±0.12 |
| | B | 111.33±7.48 | 53.39±1.31 | 86.13±4.63 | 2.42±0.11 |
| | C | 111.95±8.99 | 53.07±1.36 | 85.28±3.83 | 2.47±0.15 |
| | D | 111.21±8.93 | 53.69±1.38 | 85.81±3.27 | 2.41±0.10 |
| 第 9～12 周 Weeks 9 to 12 | A | 124.15±2.84 | 58.42±0.76 | 94.12±3.04[b] | 2.26±0.07 |
| | B | 120.23±3.99 | 57.99±1.00 | 90.61±2.79[a] | 2.12±0.59 |
| | C | 119.70±5.53 | 57.99±0.86 | 91.07±3.49[a] | 2.27±0.12 |
| | D | 120.37±2.07 | 58.40±1.38 | 91.73±1.47[ab] | 2.25±0.09 |
| 第 1～12 周 Weeks 1 to | A | 111.38±13.10 | 54.64±3.36 | 88.95±4.52 | 2.29±0.13 |
| | B | 110.21±11.90 | 54.45±3.15 | 88.14±2.27 | 2.23±0.17 |
| | C | 112.53±11.94 | 54.34±3.21 | 88.05±2.90 | 2.30±0.15 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | D | 110.04±10.97 | 54.95±3.02 | 88.26±3.09 | 2.26±0.14 |

2.3　高温热处理粉料对蛋鸡蛋品质的影响

高温热处理粉料对蛋品质的影响见表 4。由表可知，第 4 周，各组之间蛋壳强度、蛋形指数、蛋黄比率和哈氏单位的差异不显著（$P$>0.05），高温热处理粉料组的蛋壳强度、蛋壳厚度随着调质温度的升高呈增加的趋势，且高于普通粉料组，同时 D 组蛋壳厚度显著大于其他各组（$P$<0.05）；高温热处理粉料组的哈氏单位随着调质温度的升高呈下降趋势，且低于普通粉料组（$P$>0.05）。普通粉料组的蛋黄 $L^*$值显著高于高温热处理粉料组（$P$<0.05）；普通粉料组的蛋黄 $b^*$值显著低于 C 和 D 组（$P$<0.05），但显著高于 B 组（$P$<0.05）；各组间的蛋黄 $a^*$值差异不显著（$P$>0.05）。

第 8 周，各组之间蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋形指数和蛋黄比率的差异不显著（$P$>0.05），高温热处理粉料组的哈氏单位显著低于普通粉料组（$P$<0.05）。普通粉料组的蛋黄 $L^*$和 $a^*$值显著低于高温热处理粉料组（$P$<0.05），蛋黄 $b^*$值高于高温热处理粉料组，但差异不显著（$P$>0.05）。

第 12 周，各组之间蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋形指数、蛋黄比率和哈氏单位的差异不显著（$P$>0.05），C 组蛋黄的 $L^*$、$a^*$和 $b^*$值显著高于普通粉料组（$P$<0.05）。

同时，随着饲喂时间的延长，蛋壳强度、蛋壳厚度和蛋黄比率均有增加的趋势，哈氏单位有减小的趋势，A、B 组的蛋黄 $L^*$值有变小的趋势，C、D 组则有变大的趋势；各组的蛋黄 $a^*$和 $b^*$值有增加的趋势，说明饲喂较高调质温度的饲料，对蛋黄颜色的 $a^*$和 $b^*$值影响较大。通过蛋品质的数据可知，高温热处理粉料对蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋形指数、蛋黄比率和哈氏单位的影响不显著，但对蛋黄颜色的影响显著。

表 4　高温热处理粉料对蛋鸡蛋品质的影响

Table 4　Effects of heat treatment mash feed on egg quality of laying hens

| 时间 Time | 组别 Groups | 蛋壳强度 Eggshell strength/(N/m$^2$) | 蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm | 蛋形指数 Egg shape index | 蛋黄比率 Yolk ratio/% | 哈氏单位 Haugh unit | 亮度 L$^{*}$ | 红度 a$^{*}$ | 黄度 b$^{*}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第 4 周 | A | 38.98±8.08 | 0.36±0.03$^{a}$ | 1.28±0.04 | 0.23±0.02 | 113.13±5.75 | 74.53±1.36$^{c}$ | 1.46±0.29 | 7.66±0.79$^{b}$ |
| The | B | 39.61±10.56 | 0.37±0.02$^{a}$ | 1.27±0.04 | 0.24±0.01 | 108.20±4.18 | 73.31±1.04$^{b}$ | 1.53±0.39 | 6.70±2.52$^{a}$ |
| fourth | C | 41.12±10.94 | 0.37±0.03$^{a}$ | 1.27±0.03 | 0.24±0.02 | 106.95±4.95 | 71.55±1.78$^{a}$ | 1.44±0.36 | 8.71±0.85$^{c}$ |
| week | D | 42.26±8.21 | 0.38±0.02$^{b}$ | 1.29±0.04 | 0.24±0.02 | 105.73±5.59 | 71.81±1.26$^{a}$ | 1.44±0.38 | 9.12±1.48$^{c}$ |
| 第 8 周 | A | 42.45±8.09 | 0.38±0.02 | 1.27±0.03 | 0.24±0.02 | 108.59±4.02$^{b}$ | 71.09±1.01$^{a}$ | 1.17±0.38$^{a}$ | 8.44±1.11 |
| The | B | 40.95±8.04 | 0.38±0.02 | 1.27±0.04 | 0.24±0.02 | 105.80±4.68$^{a}$ | 73.15±0.61$^{b}$ | 1.65±0.31$^{b}$ | 7.39±0.72 |
| eighth | C | 39.22±10.94 | 0.39±0.02 | 1.27±0.04 | 0.25±0.01 | 105.75±2.68$^{a}$ | 73.14±0.58$^{b}$ | 1.97±0.27$^{c}$ | 7.45±0.70 |
| week | D | 41.23±10.55 | 0.39±0.02 | 1.26±0.04 | 0.25±0.02 | 105.02±4.02$^{a}$ | 73.23±0.47$^{b}$ | 1.96±0.35$^{c}$ | 7.61±0.70 |
| 第 12 周 | A | 45.76±7.22 | 0.39±0.02 | 1.27±0.04 | 0.26±0.02 | 100.98±4.60 | 72.68±0.89$^{a}$ | 2.16±0.61$^{a}$ | 8.70±0.68$^{a}$ |
| The | B | 45.14±7.23 | 0.39±0.02 | 1.28±0.03 | 0.26±0.03 | 101.01±5.47 | 72.61±0.60$^{a}$ | 3.04±0.35$^{b}$ | 9.06±0.71$^{ab}$ |
| twelfth | C | 42.53±8.44 | 0.40±0.02 | 1.28±0.05 | 0.26±0.02 | 102.92±4.75 | 73.18±0.73$^{b}$ | 3.80±0.44$^{c}$ | 9.58±1.04$^{b}$ |
| week | D | 44.22±10.37 | 0.39±0.02 | 1.27±0.04 | 0.25±0.02 | 100.23±4.67 | 72.43±0.71$^{a}$ | 2.24±0.33$^{a}$ | 9.27±1.07$^{ab}$ |

2.4　高温热处理粉料对鸡蛋卫生指标的影响

高温热处理粉料对鸡蛋卫生指标的影响的见表 5。由表可知，第 4、8、12 周，高温热处理粉料组和普通粉料组的蛋壳表面和蛋液的沙门氏菌均未检出，蛋液的细菌总数均＜10 CFU/mL，大肠菌群＜0.3 MPN/mL。高温热处理粉料组蛋壳表面的细菌总数小于普通粉料组，但差异不显著（*P*>0.05）；同时，随着调质温度的升高，高温热处理粉料组的细菌总数逐渐下降，但差异不显著（*P*>0.05）。第 4 周，C 和 D 组蛋壳表面的大肠菌群数量显著小于普通粉料组（*P*<0.05）；第 8 周，D 组蛋壳表面的大肠菌群数量显著小于普通粉料组（*P*<0.05）；第 12 周，B、C 和 D 组蛋壳表面的大肠菌群数量小于普通粉料组，但差异不显著（*P*>0.05）。通过鸡蛋卫生指标的数据可知，调质温度越高，鸡蛋的卫生指标越好。

表 5　高温热处理粉料对鸡蛋卫生指标的影响

Table 5　Effects of heat treatment mash feed on egg health index

| 时间 Time | 组别 Groups | 蛋壳表面 Eggshell surface | | | 蛋液 Egg liquid | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 细菌总数 Total bacteria count/lg(CFU/mL) | 大肠菌群 Coliform bacteria/lg(MPN/mL) | 沙门氏菌 *Salmonella*/lg(CFU/mL) | 细菌总数 Total bacteria count/(CFU/mL) | 大肠菌群 Coliform bacteria /（MPN/mL） | 沙门氏菌 *Salmonella*/(CFU/mL) |
| 第 4 周 The fourth week | A | 6.40±0.20 | 6.07±2.80[c] | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| | B | 6.25±0.11 | 3.77±1.19[bc] | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| | C | 6.23±0.10 | 0.83±0.46[ab] | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| | D | 6.17±0.19 | 0.57±0.46[a] | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| 第 8 周 The eighth week | A | 4.28±0.56 | 1.43±0.76[b] | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| | B | 4.15±0.46 | 0.70±0.69[ab] | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| | C | 3.88±0.10 | 0.60±0.26[ab] | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| | D | 3.77±0.27 | 0.37±0.06[a] | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| 第 12 周 The twelfth week | A | 3.56±0.06 | 0.53±0.36 | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| | B | 3.45±0.20 | 0.49±0.23 | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| | C | 3.39±0.06 | 0.37±0.05 | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |
| | D | 3.38±0.41 | 0.33±0.06 | 未检出 | ＜10 | ＜0.3 | 未检出 |

2.5　高温热处理粉料对蛋鸡消化道指标的影响

高温热处理粉料对蛋鸡消化道指标的影响见表 6。由表可知，高温热处理粉料组的肌胃、空肠和回肠的相对重量小于普通粉料组，但差异不显著（*P*>0.05）。同时，随着调质温度的升高，腺胃、肌胃、十二指肠、空肠和回肠的相对重量都逐渐增大，但差异不显著（*P*>0.05）。通过消化器官相对重量的数据可以，高温热处理粉料对蛋鸡消化道指标的影响不显著。

表 6　高温热处理粉料对蛋鸡消化道指标的影响

Table 6　Effects of heat treatment mash feed on digestive tract indices of laying hens　%

| 组别 Groups | 腺胃相对重量 Proventriculus relative weight | 肌胃相对重量 Gizzard relative weight | 十二指肠相对重量 Duodenum relative weight | 空肠相对重量 Jejunum relative weight | 回肠相对重量 Ileum relative weight |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 0.46±0.05 | 1.64±0.19 | 0.57±0.10 | 1.03±0.13 | 0.72±0.14 |
| B | 0.41±0.05 | 1.46±0.09 | 0.54±0.12 | 0.90±0.06 | 0.64±0.07 |
| C | 0.45±0.05 | 1.59±0.22 | 0.58±0.05 | 0.95±0.10 | 0.64±0.10 |
| D | 0.46±0.06 | 1.59±0.21 | 0.60±0.08 | 0.97±0.17 | 0.68±0.16 |

## 3 讨 论

### 3.1 高温热处理对粉料卫生指标的影响

饲料卫生的评价指标主要有细菌总数、大肠菌群数量、霉菌总数和沙门氏菌数量等，其中沙门氏菌的危害是最大的，我国《饲料卫生标准》中规定其不得检出[6]。饲料中大部分有害微生物的主要成分是蛋白质，根据蛋白质的热变性可以杀死它们，而饲料的调质过程是一个高温高湿的过程，可以杀死饲料中很多有害微生物[7-9]。Mccapes 等[8]研究发现，含水量 14.5%的饲料在 85 ℃下调质 4.1 min 可以有效清除饲料中的大肠杆菌。姚永华[10]研究发现，大肠杆菌一般在 60 ℃条件下停留 15 min 即可被杀死。Ziggers[9]研究发现，调质温度 85 ℃，含水量 14.5%，调质时间 4 min 时，才能有效降低饲料中沙门氏菌的数量。黄德仕等[11-12]研究发现，调质工艺降低饲料中的大肠杆菌数量级的最大效应值为 6.62，最小效应值为 0.40，可以有效降低饲料中的大肠杆菌数量；同时，温度越高，时间越久，含水量越大，调质工艺杀灭饲料中的沙门氏菌的数量级越大，最大效应值为 6.51，最小效应值为 0.38。庞彦芳等[13]研究发现，在饲料加工过程中，调质平均杀死饲料中 77.89%的微生物，霉菌孢子、细菌孢子和酵母菌孢子的杀死率分别为 95.70%、64.94%和 95.98%，粉料经调质、制粒、冷却至成品，微生物数量平均减少 95.38%，霉菌、细菌和酵母菌数量分别平均减少 97.99%、99.78%和 93.95%。本研究中普通粉状蛋鸡料通过 70、80 和 90 ℃调质后，细菌总数分别降低了 60.81%、84.86%和 98.20%，大肠菌群数量分别降低了 99.60%、99.75%和 99.79%，沙门氏菌均未检出，说明调质可以有效杀死饲料中的微生物，改善了饲料的卫生状况，与上述研究结果相一致。

### 3.2 高温热处理粉料对蛋鸡生产性能的影响

蛋鸡生产性能的评价指标主要有平均日采食量、产蛋率、平均蛋重和料蛋比等。目前，高温热处理粉料对蛋鸡生产性能影响的研究很少，对比了国内饲喂粉料和国外饲喂熟化粉状料蛋鸡生产性能的数据，结果显示国内饲喂粉料蛋鸡的产蛋率较低，平均蛋重较小，料蛋比

较高（2.5:1.0），而国外饲喂熟化粉状料蛋鸡的产蛋率较高，平均蛋重较大，料蛋比较低（2:1）[1-4]。本研究中发现，普通粉料和高温热处理粉料的平均日采食量差异不显著，可能是虽然高温热处理可以使淀粉糊化和抗营养因子降解，从而改善营养物质的性能，提高家禽饲粮的营养价值，但是高温热处理同时会使饲料里的酶和维生素失活，并且降低蛋白质以及淀粉的利用率[14-15]。尤其是对于玉米型饲粮，高温调质时可能会发生美拉德反应从而使其中的赖氨酸和精氨酸的利用率降低[16]。同时，本研究中发现高温热处理粉料在不同阶段对蛋鸡产蛋性能的影响不同，但整体看，高温热处理粉料对蛋鸡生产性能的影响不显著，这与国内外关于生粉料和熟化粉状料对比结果不一致，可能是因为国内与国外的对比存在蛋鸡品种不同、饲料配方不同、饲养方式不同等，而这些因素都会影响最终结果。

3.3　高温热处理粉料对蛋品质的影响

蛋品质是影响蛋鸡养殖效益的重要因素，主要评价指标包括蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋形指数、蛋黄比率、哈夫单位和蛋黄色泽等。目前，高温热处理粉料对蛋品质影响的研究还未见报道。本研究中发现，高温热处理粉料对鸡蛋的蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋形指数、蛋黄比率和哈氏单位的影响都不显著，但对蛋黄颜色的影响比较显著，这可能是因为高温热处理粉料在加工过程中经高温损失了部分类胡罗卜素，使鸡蛋形成时可利用的类胡罗卜素含量减少，导致蛋黄颜色变浅，并且高温条件下饲料容易发生美拉德反应使得颜色加深，从而使蛋黄的 $a^*$值变大[17-19]。同时，高温处理条件下，容易造成高温热处理粉料部分维生素损失，影响钙、磷吸收，使得高温热处理粉料组钙、磷利用率低于普通粉料组，从而蛋壳强度较普通粉料组低[17]。

3.4　高温热处理粉料对鸡蛋卫生指标的影响

鸡蛋蛋壳表面和蛋液的微生物来源包括在产蛋过程中受粪便、饲料等的污染，蛋壳表面会携带大量微生物，并且蛋壳表面的微生物会透过鸡蛋表面的气孔进入蛋内，从而引起鸡蛋的腐败变质[20]。如果蛋壳上污染了致病菌，经气孔侵入蛋内，还会引起鸡蛋食物中毒的危险性[21]。相关研究发现，采用普通粉料饲喂蛋鸡所产鸡蛋的蛋壳表面和蛋液含菌率高，蛋液微生物检出率较高，包括乳酸链球菌、副大肠杆菌、大肠杆菌和球菌等[1-4]。本研究中发现，高温热处理粉料组蛋壳表面的细菌总数和大肠菌群数量小于普通粉料组，同时，调质温度越高，鸡蛋的卫生指标越好。

3.5　高温热处理粉料对蛋鸡消化道指标的影响

目前，高温热处理粉料对蛋鸡消化道指标的影响研究还未见报道，本研究中发现，高温热处理粉料组的肌胃、空肠和回肠的相对重量小于普通粉料组，但差异不显著。这可能是因

为高温热处理粉料经过水热处理后，淀粉糊化，蛋白质变性，更容易消化吸收，通过消化道的速度过快没能很好地促进消化道的发育造成的。同时，随着调质温度的升高，腺胃、肌胃、十二指肠、空肠和回肠的相对重量都逐渐增大，但差异不显著。这可能是调质温度越高，粉料的淀粉糊化度越高，黏性越大，致使粉粒黏结在一起增加了粉料的粒度，进而促进了消化道的发育。

## 4 结 论

①高温热处理粉料组的细菌总数和大肠菌群数量均显著低于普通粉料组。蛋壳表面的细菌总数小于普通粉料组，但差异不显著；而大肠菌群数量显著小于普通粉料组。高温热处理可以改善饲料和鸡蛋的卫生指标，使饲料具有防霉变特性，保证鸡只的健康，并且调质温度越高，饲料和鸡蛋的卫生指标越好。

②高温热处理粉料对蛋鸡生产性能的影响不显著，随着调质温度的升高，高温热处理粉料组平均蛋重和产蛋率有增加的趋势，但差异不显著。

③高温热处理粉料对蛋鸡蛋品质的影响不显著，但对蛋黄颜色的影响显著。随着调质温度的升高，高温热处理粉料组蛋壳强度和蛋壳厚度有增加的趋势，但差异不显著。

④高温热处理粉料组的肌胃、空肠和回肠相对重量小于普通粉料组，但影响不显著。

参考文献：

[1] 玉国杰,张磊,徐飞翔.熟化粉状饲料在蛋鸡饲料中的运用[J].现代食品,2017(14):119–124.

[2] 苏从毅,王永昌,温琦.国内外畜禽熟化粉状饲料加工现状——蛋鸡粉状饲料[J].粮食与食品工业,2013,20(5):8–12.

[3] 胡万国.畜禽熟化粉状饲料——蛋鸡粉状饲料特点及其工艺技术[J].中兽医学杂志,2015(8):48.

[4] 袁鹏,潘琤,马天红,等.蛋鸡粉料熟化加工技术及其特性[J].饲料广角,2014(23):23–25.

[5] 王永昌.谈鸡饲料加工工艺和设备[J].饲料工业,2012,33(9):2–8.

[6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB 13078－2017 饲料卫生标准[S].北京:中国标准出版社,2018.

[7] HIMATHONGKHAM S,DAS GRAÇAS PEREIRA M,RIEMANN H.Heat destruction of Salmonella in poultry feed:effect of time,temperature,and moisture[J].Avian Diseases,1996,40(1):72–77.

[8] MCCAPES R H,EKPERIGIN H E,CAMERON W J,et al.Effect of a new pelleting process on the level of contamination of poultry mash by *Escherichia coli* and Salmonella[J].Avian

Diseases,1989,33(1):103–111.

[9] ZIGGERS D.Time and temperature control feed hygiene[J].Feed Tech,2001,5(6):11–15.

[10] 姚永华.禽大肠杆菌病的研究进展[J].动物科学与动物医学,2004,21(4):58–59.

[11] 黄德仕,李德发,邢建军,等.加工工艺参数对降低饲料中大肠杆菌数量级的影响[J].中国畜牧杂志,2006,42(1):44–46.

[12] 黄德仕,李德发,邢建军,等.加工工艺参数对杀灭肉鸡饲料中沙门氏菌的影响[J].中国饲料,2005(24):9–12.

[13] 庞彦芳,冯定远.广东饲料制粒工艺对微生物影响的调查研究[J].粮食与饲料工业,2000(9):23–25.

[14] PICKFORD J R.Effect of processing on the stability of heat labile nutrients in animal feeds[J].1992.

[15] SILVERSIDES F G,BEDFORD M R.Effect of pelleting temperature on the recovery and efficacy of a xylanase enzyme in wheat-based diets[J].Poultry Science,1999,78(8):1184–1190.

[16] CRESWELL D,BEDFORD M..制粒温度过高将降低肉鸡生长性能[J].余学兰,凌宝明,译.广东饲料,2006,15(4):15–17.

[17] 袁齐武,孔令汉,门帅,等.料形对蛋鸡生产性能,蛋品质及沙门菌污染的影响研究[J].中国家禽,2016,38(22):24–29.

[18] 吴俊锋.料形对产蛋鸡生产性能的影响及其机理研究[D].硕士学位论文.合肥:安徽农业大学,2012:13 - 14.

[19] WAHLSTROM A,TAUSON R,ELWINGER K.Production and egg quality as influenced by mash or crumbled diets fed to laying hens in an aviary system[J].Poultry Science,1999,78(12):1675–1680.

[20] 赵磊.鲜鸡蛋致病微生物检测与控制技术研究[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2010:6 - 7.

[21] 薛艳蓉,茂文,赵瑞生,等.鸡蛋在储存过程中微生物及蛋品质的变化研究[J].畜牧与饲料科学,2017,38(8):67–69,72.

Effects of Heat Treatment Mash Feed on Performance, Egg Quality and Egg Health Indicators of Laying Hens

YANG Jie[1] QIN Yuchang[2] LI Jun[1] LI Junguo[13*] NIU Libin[1] DONG Yingchao[1]

（1. *Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081*, China*; 2. *Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing* 100193*, China*; 3. *Key Laboratory of Feed Biotechnology, Ministry of Agriculture, Beijing* 100081*, China*）

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effect of heat treatment mash feed on performance, egg quality and egg health indicators of laying hens. A total of 1 080 forty-week-old Hyline brown laying hens were selected and randomly divided into 4 groups with 6 replicates per group and 45 laying hens per replicate. Hens in the control group was fed with a common mash laying hens feed, while others in experimental groups was fed with the mash feed conditioned at 70, 80 and 90 ℃, respectively. The adaptation period lasted for 1 week and the formal period lasted for 12 weeks. The results showed as follows: 1) the total bacteria count and coliform bacteria number of mash feed in experimental groups were significantly lower than those in control group ($P$<0.05). With the increasing of conditioning temperature, the total bacteria count of mash feed in experimental groups was significantly decreased ($P$<0.05), and the coliform bacteria number was also decreased, but the difference was not significant ($P$>0.05). 2) There were no significant differences on performance indices of laying hens during weeks 1 to 12 among all groups ($P$>0.05). 3) There were no significant differences on eggshell strength, eggshell thickness, egg shape index, yolk ratio and Haugh unit of laying hens at the twelfth week among all groups ($P$>0.05). The values of lightness, redness and yellowness of yolk in 80 ℃ heat treatment mash feed group were significantly higher those in control group ($P$<0.05). 4) At the fourth, eighth and twelfth weeks, the total bacteria count of eggshell surface in experimental groups was lower than in control group, but the difference was not significant ($P$<0.05), the coliform bacteria number of eggshell surface in experimental groups was lower than in control group. 5) The relative weight of gizzard, jejunum and ileum in experimental groups was lower than in control group, but the difference was not significant ($P$<0.05). With the increasing of conditioning temperature, the relative weight of proventriculus, gizzard, duodenum, jejunum and ileum was increased in experimental groups, but the difference was not significant ($P$>0.05). In conclusion, heat treatment can improve the health indicators of feed and egg, but there are no significant effect on the performance, egg quality and digestive organ indices of laying hens.

Key words: laying hens; mash feed; heat treatment; performance; egg quality; health indicators

*Corresponding author, professor, E-mail: lijunguo@cass.cn (责任编辑　武海龙)